

# GEOLOGIA: EVOLUÇÃO DA TERRA E FENÔMENOS GEOLÓGICOS

## CONTEXTO

### Poucas coisas sobrevivem por longo tempo

"Se você imagina os cerca de 4,5 bilhões de anos da história da Terra comprimidos em um dia terrestre normal, a vida começa muito cedo, em torno das quatro da madrugada, com o surgimento dos primeiros organismos unicelulares simples, mas depois não avança mais nas próximas dezesseis horas. [...] Finalmente as primeiras plantas marinhas aparecem, seguidas vinte minutos mais tarde da primeira medusa. [...] Às 21h04 entram em cena os **trilobites** (anado) [...]. Pouco antes das 22h, plantas começam a brotar em terra firme. Logo após, faltando duas horas para o fim do dia, despontam os primeiros animais terrestres.

Graças a uns dez minutos de bom tempo, às 22h24 a Terra é coberta pelas grandes florestas **carboníferas** cujos resíduos fornecem todo o nosso carvão, e os primeiros insetos com asas se fazem notar. Os dinossauros entram em cena pouco antes das 23h e dominam por cerca de 45 minutos. Faltando 21 minutos para a meia-noite, desapa-

recem, e a era dos mamíferos começa. Os seres humanos emergem um minuto e dezessete segundos antes da meia-noite. Nessa escala, toda a nossa história registrada não duraria mais que alguns segundos e a vida de um único ser humano mal duraria um instante. Nesse dia grandemente acelerado, continentes deslizam e se chocam num ritmo positivamente frenético. Montanhas se erguem e se desfazem, bacias oceânicas surgem e desaparecem, lençóis de gelo avançam e recuam. [...]

Talvez uma forma mais eficaz de visualizar quão recentes somos como parte desse quadro de 4,5 bilhões de anos seja você abrir os braços ao máximo e imaginar aquela extensão como toda a história da Terra. Nessa escala [...], a distância das pontas dos dedos de uma mão até o pulso da outra mão é o Pré-Cambriano. Toda a vida complexa está em uma mão, 'e de um só golpe, com uma lixa de unha de granulação média, você pode erradicar a história humana'."

BRYSON, Bill. *Breve história de quase tudo*. São Paulo: Companhia das Letras, 2007. p. 343-344.

#### Trilobite

artropode que possui patas articuladas e uma carapaça externa.

#### Carbonífera

refere-se ao Período Carbonífero (Era Paleozoica).

## DISCUTA

1. Identifique o tema central do texto e justifique seu título.
2. De acordo com seus conhecimentos, distinga os eventos biológicos dos geológicos presentes no texto, citando ao menos três exemplos de cada um.

## A FORMAÇÃO DO PLANETA TERRA

A Terra surgiu há aproximadamente 4,5 bilhões de anos, resultando da agregação de poeira cósmica e do bombardeamento de material rochoso atraídos pela força gravitacional<sup>1</sup>. De sua origem até o estágio atual, o nosso planeta passou por diversas transformações, em termos geológicos e biológicos, como você pôde perceber no início

<sup>1</sup> Trata-se de uma das teses mais atuais sobre a formação do Universo, conhecida por Teoria da Agregação.



**A deriva dos continentes**

Samuel Murgel Branco e  
Fábio Cardinale Branco.  
São Paulo: Moderna, 2004.

O livro discute a Deriva Continental a partir da Teoria da Tectônica das Placas e da descoberta de ecossistemas em águas profundas do oceano. São ecossistemas que não dependem da luz para a sua existência, mas da energia geotérmica proveniente das dorsais oceânicas.

**Atlas da Terra**

Susanna Van Rose. São Paulo: Martins Fontes, 1994.

Atlas ilustrado sobre fenômenos geológicos como erupções vulcânicas, terremotos e outros agentes modeladores de relevo.

deste capítulo (veja também a tabela nesta página e a ilustração na página seguinte). Essas transformações são estudadas a partir da disposição das camadas rochosas e dos fósseis nelas encontrados. Essas camadas representam registros dos acontecimentos passados e permitem compreender a evolução do planeta.

Enquanto a vida se transformou e se desenvolveu, a crosta terrestre também se modificou. O primeiro grande bloco continental formado foi a Pangeia, envolvido por um único e extenso oceano, o Pantalassa. A Pangeia se dividiu em Laurásia e Gondwana, que também se fragmentaram e deram origem aos atuais continentes (veja a ilustração “Deriva dos continentes”, na página 64). Trechos da crosta se enrugaram, num processo de formação de dobras, dando origem às montanhas, as áreas mais profundas foram sendo preenchidas por sedimentos e alguns mares foram soerguidos e incorporados aos continentes.

É a **Geologia** a ciência responsável pelo estudo da origem, formação e contínuas transformações da Terra, bem como dos materiais orgânicos e inorgânicos que a constituem. É ela que estuda o interior do nosso planeta.

Essa ciência divide a história da Terra em eras geológicas, que correspondem a grandes intervalos de tempo divididos em períodos, os quais, por sua vez, são subdivididos em épocas e idades. As subdivisões marcam as importantes alterações ocorridas na evolução do planeta e são organizadas numa tabela geológica.

Na parte superior de uma tabela de tempo geológico estão as eras mais recentes e na parte inferior as mais antigas. Veja a seguir.

**Escala geológica do tempo**

Eras geológicas		Períodos	Ocorrência aproximada (em milhões de anos atrás)	Principais eventos	Principais eventos no Brasil
Cenozoica		Quaternário	1,8	Surgimento do <i>Homo sapiens</i> . Últimas glaciações.	Vulcanismo constrói arquipélago de Fernando de Noronha. Depósitos sedimentares sobretudo na parte ocidental da bacia Amazônica e no litoral do Nordeste.
		Terciário	65	Dobramentos modernos (atuais cadeias de montanhas). Aves, mamíferos e primatas. Atuais continentes.	
Mesozoica ou Secundária		Cretáceo Jurássico Triássico	250	Início da formação do petróleo (há cerca de 70 milhões de anos). Divisão do grande continente da Pangeia em Laurásia e Gondwana (130 milhões de anos). Grandes répteis (como os dinossauros).	Última fase de deposição mais ampla nas grandes bacias. Derrames vulcânicos na Bacia do Paraná.
Paleozoica ou Primária		Permiano Carbonífero Devoniano Siluriano Ordoviciano Cambriano	550	Grandes florestas. Formação do carvão mineral (carbonífero). Bacias sedimentares. Glaciações. Peixes e vegetais. Insetos e répteis.	Início da formação das grandes bacias sedimentares no Brasil: Paraná, Parnaíba (ou do Meio-Norte) e Amazônica. Formação do Quadrilátero Ferrífero (atual estado de Minas Gerais).
Pré-Cambriano	Proterozoica Arqueozoica	Algonquiano Arqueano Hadeano	4.600	Formação das primeiras rochas metamórficas e sedimentares. Surgimento da vida unicelular. Formação dos escudos cristalinos e das rochas magmáticas.	Escudos cristalinos e dobramentos antigos. Formação das rochas mais antigas em território brasileiro. Depósito da formação ferrífera da Serra dos Carajás.

**Fonte:** elaborado com base em PRESS, Frank *et al.* *Para entender a Terra*. Porto Alegre: Bookman, 2006. p. i-ii; TEIXEIRA, Wilson *et al.* (Org.). *Decifrando a Terra*. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2009. p. 621-623; POPP, José Henrique. *Geologia Geral*. Rio de Janeiro: LTC, 2010. p. 117-118; ROSS, Jurandyr L. S. (Org.). *Geografia do Brasil*. São Paulo: Edusp, 2008. p. 50-51.

A ilustração a seguir apresenta graficamente alguns desses eventos geológicos e biológicos.

Processo de formação da Terra – alguns eventos



- 1 No início, a Terra era uma massa incandescente. O resfriamento e a solidificação de parte desse material incandescente deram origem à crosta terrestre, camada externa rochosa que cobre o planeta. As altas temperaturas, a radiação solar e a intensa atividade vulcânica que existia na delgada crosta da Terra impediram o surgimento da vida por bilhões de anos.
- 2 Somente com a constituição da hidrosfera, formada provavelmente pela condensação de vapor-d'água na superfície terrestre, e com a manutenção da temperatura em níveis menos elevados, a vida tornou-se viável. Surgiram então as primeiras formas de vida, com organização celular simples. Posteriormente, surgiram outros organismos, como os primeiros animais.
- 3 A vegetação expandiu-se pelas terras emersas e contribuiu para a transformação da composição química da atmosfera. Essas novas condições possibilitaram grande diversificação dos animais e sua conquista do ambiente terrestre, sendo os anfíbios os primeiros animais vertebrados a explorá-lo. Ao longo da evolução desse grupo, surgiram répteis – como os dinossauros –, mamíferos e aves. A partir do seu surgimento, os seres humanos passaram a intervir de forma dominante sobre o planeta.

As medidas, distâncias, cores e proporções das imagens não correspondem à realidade.

#### DICA FILME



#### Quando os dinossauros reinavam na Terra

EUA, 2001. Discovery Channel. Duração: 90 min.

Animações computadorizadas, aplicadas sobre paisagens reais, mostram a Terra na época do *Dilophosaurus*, do *Dromaeosaurus* e de outros dinossauros.

## ESTRUTURA INTERNA DA TERRA

O conhecimento da estrutura interna da Terra é essencial para a compreensão dos fenômenos que se manifestam em sua superfície, como o vulcanismo e os terremotos, responsáveis por modificações nas formas da superfície terrestre e suas consequências para os seres humanos e para a estruturação de determinados aspectos do espaço geográfico.

Os terremotos (ou sismos) afetam a vida de milhões de pessoas e provocam grandes estragos em diversos países, como Estados Unidos (sobretudo na Califórnia), Japão, Chile, Turquia e China. O vulcanismo, outro fenômeno natural causado pelas forças internas da Terra, também costuma acarretar graves desastres.



O ser humano também pode tirar proveito da energia do interior da Terra, transformando-a em energia elétrica. Na imagem, dutos gigantes transportam vapor superaquecido de dentro de um campo vulcânico para as turbinas de uma usina geotérmica em Reykjavik, capital da Islândia, 2011. A energia geotérmica pode servir também para aquecer habitações, piscinas e estufas.

#### Hipocentro

local do interior da Terra onde se origina um terremoto.

A atividade mineradora depende igualmente do conhecimento da estrutura interna da Terra. Os recursos minerais e os energéticos são matéria-prima básica na produção de diversas mercadorias e na geração da maior parte da energia consumida no mundo.

Na década de 1960, cientistas estadunidenses resolveram perfurar o solo até atingir o manto. O objetivo era entender os mecanismos que causavam os movimentos das rochas e, dessa forma, prever terremotos e compreender

outros fenômenos responsáveis por desastres naturais. Porém, ao tentar perfurar a crosta oceânica, acabaram desistindo quando atingiram 180 metros de profundidade. Quatro anos mais tarde, os soviéticos fizeram a mesma tentativa em terra emersa e escavaram o poço mais profundo que existe ainda hoje – o da Península de Kola, na Rússia. No entanto, desistiram do projeto a pouco mais de 12 quilômetros, pois a temperatura a cerca de 10 quilômetros já havia atingido 180 °C, bem superior ao que se esperava.

Por conta da impossibilidade de atingir grandes profundidades, os estudos sobre o interior da Terra baseiam-se em observações indiretas. As informações são obtidas por meio da análise dos tremores que ocorrem no interior da Terra, cujas ondas, chamadas sísmicas, propagam-se em diferentes direções, algumas atingindo o núcleo do planeta. As ondas mudam de direção à medida que atingem matéria de densidade diferente. A intensidade dessas ondas é registrada por sismógrafos, aparelhos que medem também a velocidade e, portanto, o tempo que elas levam para se deslocar do **hipocentro** até o local onde se manifestam na superfície terrestre – o epicentro. Foi a partir dessas e de outras observações que os cientistas chegaram à conclusão de que a Terra é formada basicamente por três camadas: a crosta terrestre ou litosfera, o manto e o núcleo.

## As camadas da Terra

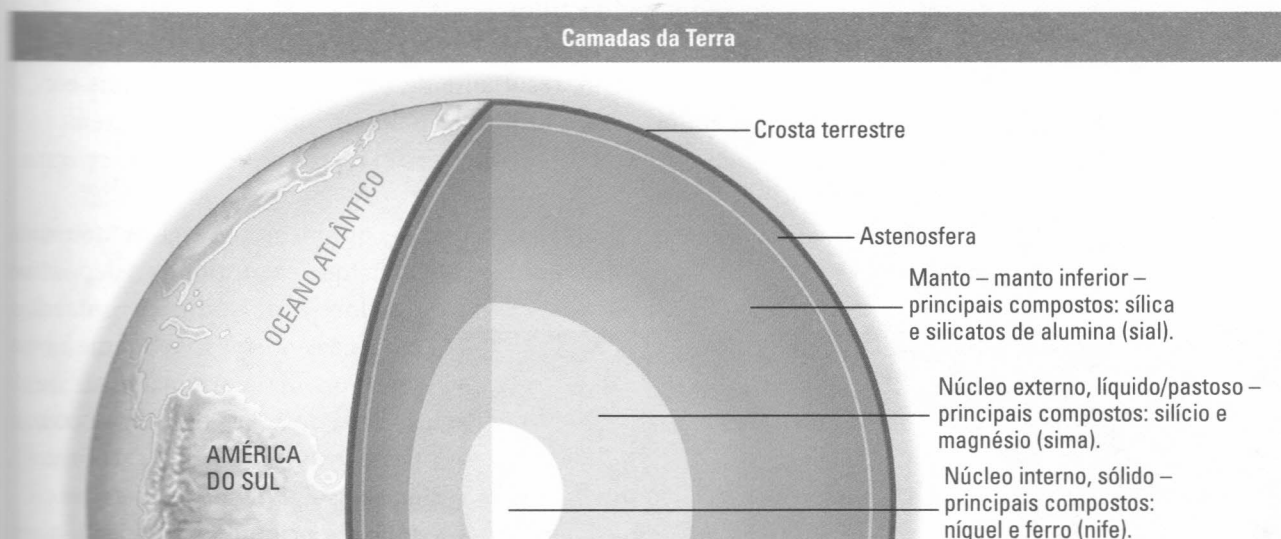
Na crosta terrestre – a camada superficial – são encontradas rochas relativamente leves, constituídas principalmente por silício e alumínio. Essa camada apresenta espessura variável: nos continentes, atinge de 20 a 70 quilômetros, nos locais montanhosos; sob os oceanos, onde predominam o silício e o magnésio, varia de 5 a 15 quilômetros.

O manto – camada intermediária – é formado por material mais denso, constituído principalmente por magnésio, ferro e silício. Na parte externa do manto, há uma região conhecida por **astenosfera** (veja a ilustração da página seguinte e também a “Formação das dorsais”, na página 64). Essa região é formada por um material pastoso chamado magma, onde ocorrem movimentos de convecção: o magma aquecido sobe das porções mais internas da Terra em direção à crosta e depois volta para o interior, à medida que se resfria. Os movimentos de convecção dão origem a terremotos e erupções vulcânicas. Há também movimentos de convecção que envolvem todo o manto. Todo o material que sai pelos vulcões vem de uma profundidade máxima de 200 quilômetros. Comparadas com o raio da Terra – 6.380 quilômetros, aproximadamente –, essas medidas são muito pequenas.



O limite interior máximo do manto é de aproximadamente 2.900 quilômetros, onde começa a camada mais interna: o núcleo. Este é constituído por níquel e principalmente ferro. Encontra-se subdividido em duas camadas: o núcleo externo, que parece ser líquido e vai até 5.100 quilômetros, e o núcleo interno, que é sólido.

Observe a representação da Terra e suas camadas.



Fonte: CALDINI, Vera; ÍSOLA, Leda. *Atlas geográfico Saraiva*. São Paulo: Saraiva, 2007. p. 20.

## A crosta terrestre

A crosta terrestre é formada principalmente por rochas, como o arenito, o granito, o mármore, o calcário e a argila. As rochas são agregados de um ou mais minerais solidificados, que, por sua vez, são elementos ou compostos inorgânicos. O granito, por exemplo, é composto por três minerais: quartzo, mica e feldspato.

Quanto à origem, as rochas classificam-se em **magmáticas** ou **ígneas**, **sedimentares** e **metamórficas**. As rochas magmáticas resultam da consolidação de material proveniente do manto em estado de fusão. Elas constituem aproximadamente 80% da crosta terrestre e se subdividem em dois tipos:

- **Intrusivas** ou **plutônicas** – que se formaram internamente, como o granito.
- **Extrusivas** ou **vulcânicas** – que se formaram na superfície, como o basalto.

As rochas magmáticas intrusivas aparecem na superfície quando a erosão remove as rochas que as encobrem. São os **afloramentos**. O granito é muito utilizado no revestimento de pisos e paredes e na fabricação de tampos de pias. A decomposição do basalto, por sua vez, geralmente dá origem a solos fêrteis, como a **terra roxa**, encontrada nos estados de São Paulo e Paraná, por exemplo, importante para o desenvolvimento da atividade agrícola.

Extração de granito no espaço rural de Itu (SP), 2009.



JOÃO PRUDENTE/PULSAR IMAGENS

**DICA**  
**LEITURA**



**A Geologia em pequenos passos**

François Michel. São Paulo: Ibep/Nacional, 2006.

Uma introdução à Geologia por meio do estudo das rochas e da origem e evolução da Terra.

As rochas sedimentares resultam da deposição, compactação e cimentação de sedimentos rochosos ou orgânicos, que sempre ocorrem em camadas. Quanto à origem dos sedimentos, as rochas são classificadas como:

- **Detriticas** – constituídas pelo acúmulo de fragmentos de outras rochas (magmáticas, metamórficas ou mesmo sedimentares). Exemplos: arenito, argilito, folhelho, varvito, conglomerado e tilito.

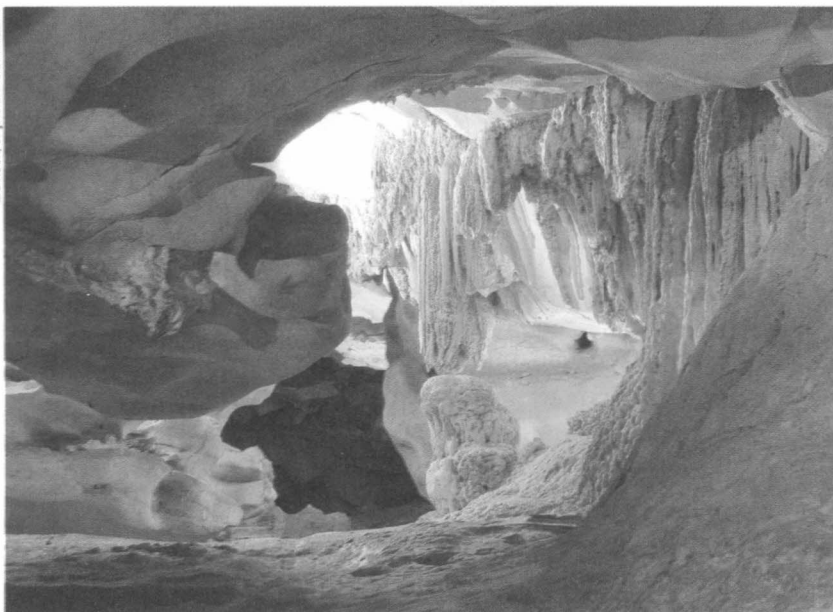
- **Orgânicas** – formadas pela ação de animais e vegetais ou pelo acúmulo dos seus dejetos. Exemplo: o calcário, resultante de restos de conchas, corais etc., é uma das rochas mais abundantes e utilizadas pelo ser humano; outro exemplo é o carvão mineral, que se formou da decomposição de restos vegetais que permaneceram enterrados por milhões de anos.

- **Químicas** – provenientes de transformações químicas que alguns materiais em suspensão sofrem na água. Exemplo: o sal-gema, que corresponde a depósitos

de cloreto de sódio encontrados em áreas onde possivelmente havia mar. Podem ser originadas também da ação da água combinada com o gás carbônico (ácido carbônico), que dissolve o teto de **cavernas calcárias** e origina os **espeleotemas**, como as estalactites e estalagmites. São chamadas também de **regiões cársticas** e, se as cavernas estão muito próximas da superfície do terreno, pode ocorrer desmoronamento, levando à formação de crateras, chamadas de **dolinas**.

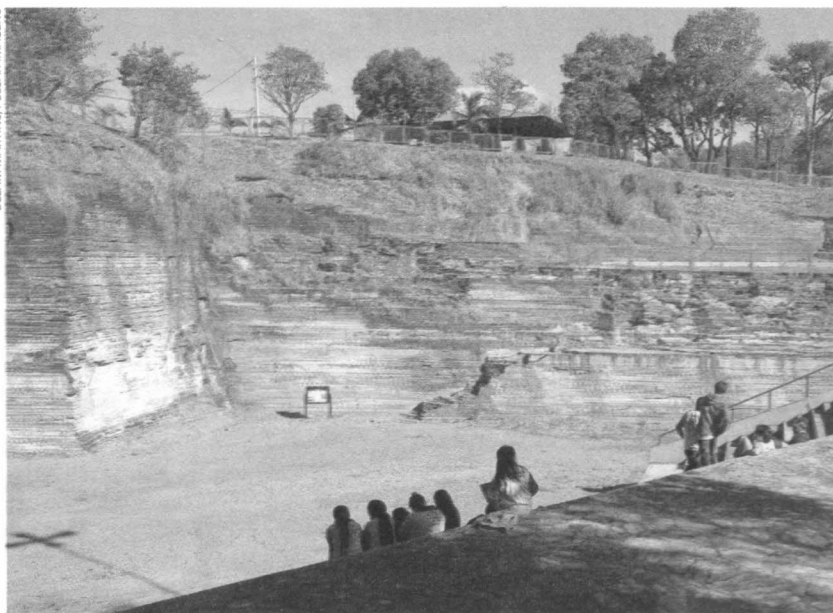
As rochas sedimentares têm grande importância econômica, pois nelas se encontram recursos energéticos, como o carvão mineral e o petróleo. O arenito, o varvito e o calcário também são muito utilizados, especialmente pelo setor de construção civil.

ZIG KOCH/OPÇÃO BRASIL IMAGENS

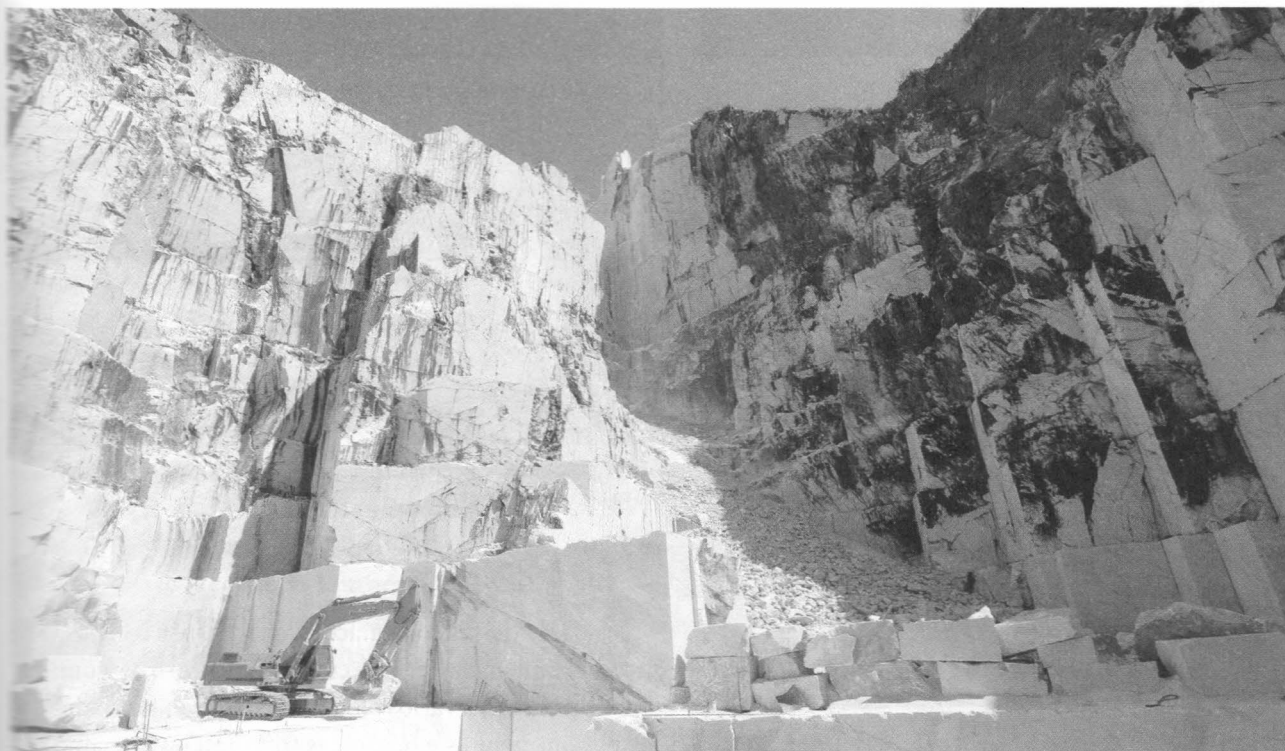


Caverna no Parque Nacional de Ubajara (CE), 2009, com destaque para as estalactites (que se originam no teto).

DELFIN MARTINS/PULSAR IMAGENS



Parque do Varvito, antiga pedreira em Itu (SP), 2010, a mais importante exposição conhecida desse tipo de rocha na América do Sul.



FABIO MUZZI/AFIP

As rochas metamórficas resultam da transformação (metamorfização), em condições de pressão e temperatura elevadas, de rochas preexistentes. As principais rochas metamórficas são o gnaiss, formado a partir da transformação do granito; a ardósia, resultado da metamorfose do xisto; e o mármore, que resulta da transformação do calcário. A ardósia e o mármore também são bastante empregados no setor de construção civil.

Extração de mármore em Carrara (Itália), 2010. O mármore de Carrara, com sua cor branca ou cinza-azulada, é um dos mais conhecidos do mundo.

## A crosta em movimento

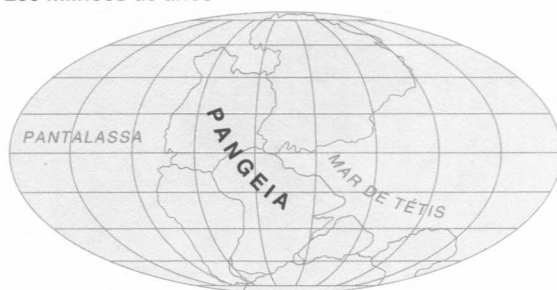
Em 1912, o cientista alemão Alfred Wegener (1880-1930) elaborou a Teoria da Deriva dos Continentes. Observando semelhanças entre os contornos da América, da Europa e da África, e também entre as rochas que os formam, Wegener propôs que, há cerca de 200 milhões de anos, os continentes estariam todos unidos, formando um único bloco, a **Pangeia**. Esta teria se partido, separando-se em dois grandes blocos continentais: **Gondwana** e **Laurásia**. Posteriormente, outras fragmentações deram origem aos atuais continentes, em tempos geológicos mais recentes.

A teoria foi contestada pela maior parte da comunidade científica da época. Um dos poucos que a apoiaram, o geólogo britânico Arthur Holmes (1890-1965), elaborou, em 1928, a hipótese da expansão dos fundos oceânicos, baseando-se no movimento de convecção do magma na astenosfera. Para Holmes, esse movimento teria empurrado os continentes.

Em 1967, o geofísico estadunidense William Jason Morgan (1935-) confirmou a hipótese de Holmes: os fundos oceânicos se deslocam e se expandem a partir das dorsais, as cordilheiras situadas na porção central dos oceanos, chamadas meso-oceânicas (veja as ilustrações da página seguinte). Constatou-se também que a idade das rochas dos fundos oceânicos aumenta à medida que elas se distanciam das dorsais, ou seja, quanto mais próximas dos continentes, mais antigas são as rochas.

## Deriva dos continentes

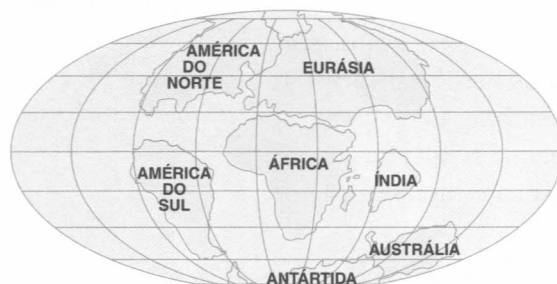
200 milhões de anos



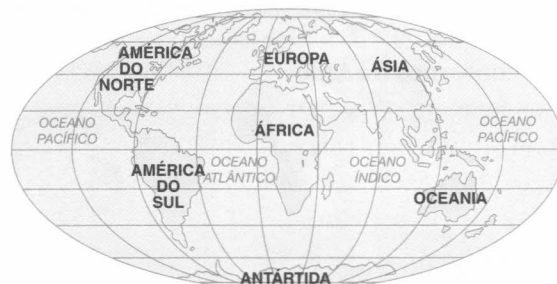
135 milhões de anos



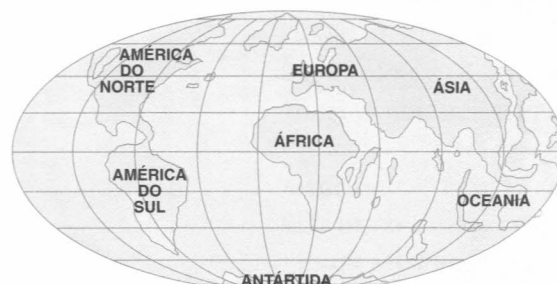
65 milhões de anos



Hoje



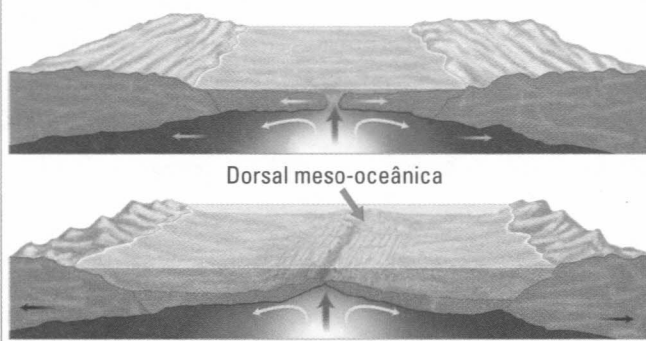
Situação projetada para daqui a 30 milhões de anos



Fonte: BAUER, Jürgen; MACK, Wolfgang Wilfried; NÜBLER, Klaus Rentzmann. *Mensch und Raum: Physische Geographie*. Berlin: Cornelsen, 1989. p. 20.

## Formação das dorsais

Expansão do oceano e formação das dorsais (Zonas Divergentes)



Fonte: TEIXEIRA, Wilson et al. (Org.). *Decifrando a Terra*. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2009. p. 105.

As medidas, distâncias, cores e proporções das imagens não correspondem à realidade.

A partir dessas constatações, chegou-se à conclusão de que o envoltório da Terra (a crosta terrestre) é descontínuo e fragmentado em vários blocos, os quais são formados por partes continentais e oceânicas (o fundo ou assoalho dos oceanos). Cada bloco corresponde a uma placa tectônica, que se desloca pelos movimentos de convecção do magma. A deriva dos continentes, a formação das cordilheiras montanhosas e de outras formas de relevo, os terremotos e os *tsunami* passaram a ser compreendidos melhor pela Teoria da Tectônica de Placas.

Nas chamadas **zonas de divergência** de placas há um processo de afastamento (expansão) entre as placas tectônicas – como nas cordilheiras meso-oceânicas. Nas zonas de convergência de placas verifica-se um processo de fricção, em que elas se pressionam umas contra as outras.

Nas **zonas de convergência**, o contato entre as placas pode ser de diversos tipos. Entre placas continentais e oceânicas, a oceânica (mais densa) “mergulha” sob a continental (menos densa e mais espessa), afunda-se na astenosfera e entra em fusão (**subducção**), dando origem às fossas abissais. A placa continental se dobra e soergue em grandes cordilheiras.

Se a colisão se dá na parte continental da crosta, os trechos em colisão se deformam e se enrugam, dando origem também às cordilheiras montanhosas continentais.

**Tsunami**

quando os abalos sísmicos se manifestam no fundo dos oceanos, recebem o nome de maremotos, que, em alguns casos, podem formar ondas gigantescas – com mais de 40 metros de altura – chamadas *tsunami*.

**Tectônica**

relativo às forças envolvidas no tectonismo, que é todo movimento na crosta terrestre provocado por pressões internas. É também o ramo da Geologia que estuda o dinamismo das forças que interferem na movimentação das camadas da crosta terrestre.





Um exemplo de formação de cordilheira na convergência entre placas continentais e oceânicas é a Cordilheira dos Andes, na porção oeste do continente sul-americano. Uma situação de convergência de placas na parte continental da crosta é o que ocorre entre as placas Indo-Australiana e Euro-Asiática, cuja colisão formou a Cordilheira do Himalaia.

Quando a convergência se dá entre placas com trechos oceânicos, como a Indo-Australiana e a do Pacífico, se originam muitas ilhas. Isso acontece também entre as placas do Pacífico e Euro-Asiática. Em março de 2011, o Japão foi atingido por um sismo de grande intensidade, com 8,9 pontos na Escala Richter (veja a tabela na página 69), seguido de um *tsunami*.

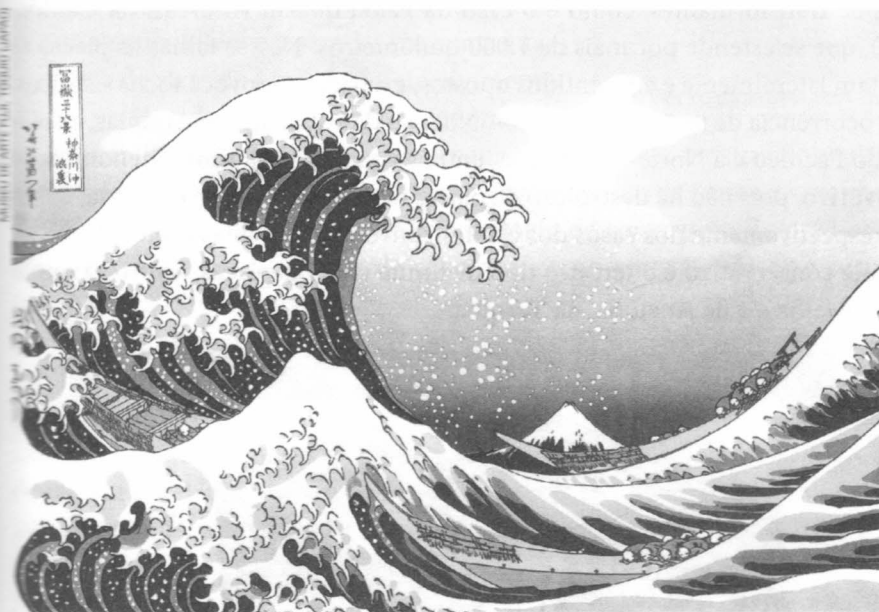


*Tsunami invade a cidade de Miyako, no nordeste do Japão, logo após um maremoto de grande magnitude, em março de 2011. O tremor foi o sétimo pior na história e o pior já registrado na história do Japão, e afetou o complexo da usina nuclear de Fukushima.*

## INTERCONEXÃO

Arte

### A grande onda



*A grande onda de Kanagawa (c. 1830), de Katsushika Hokusai.*

- Observe, nesta página, a xilogravura de Hokusai e a imagem do *tsunami*, ocorrido em março de 2011, no Japão. Compare-as considerando a diferença na forma das ondas.

A xilogravura *A grande onda de Kanagawa*, do artista japonês Katsushika Hokusai (1760-1849), é uma das imagens mais conhecidas da arte japonesa no Ocidente. A obra faz parte da série *Trinta e seis vistas do Monte Fuji*, concluída pelo artista na década de 1830. Nas xilogravuras do século XVIII, as paisagens eram usadas apenas como cenário das atividades humanas, mas, na obra de Hokusai, a natureza é o centro da cena. Nessa gravura, observa-se uma enorme onda que ameaça barcos de pescadores, na província de Kanagawa, com o Monte Fuji ao fundo. Dessa forma, o artista japonês representa a fragilidade humana em comparação com as forças da natureza.

## Abalos sísmicos e vulcanismo

### Orogênese

processo de formação de cadeias montanhosas, resultante de dobramentos rochosos causados por movimentos das placas tectônicas.

### DICA FILME

#### Terra: um planeta fascinante

EUA, 2002. Discovery Channel. Duração: 100 min.

O documentário apresenta uma visão do subterrâneo do planeta, com imagens de vulcanismo e terremotos.

Chilenos da cidade de Concepción observam um prédio de apartamentos que desabou por causa de um terremoto que atingiu o país em março de 2010.

Nas áreas próximas aos limites entre as placas ocorrem intensas atividades sísmicas e vulcânicas. As grandes cadeias montanhosas da Terra, situadas nessas áreas, são **orogênicas**, ou seja, surgiram por causa da movimentação de placas, como as cordilheiras dos Andes e do Himalaia; as Montanhas Rochosas na América do Norte; a cadeia do Atlas no noroeste da África; e os Alpes na Europa.

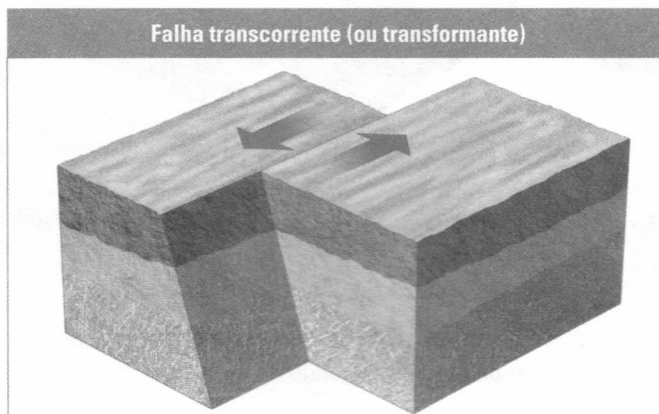
A tensão entre as placas tectônicas em movimento acumula intensa energia, que, ao ser descarregada, produz a ruptura do material rochoso até que ocorra uma nova acomodação entre elas.



RIC FRANCIS/ZUMA PRESS/EASYPIX

Existem ainda os terremotos que se dão em **falhas transcorrentes**, também chamadas de transformantes, como é o caso da Falha de San Andreas, na Califórnia (EUA), que se estende por mais de 1.000 quilômetros. Nessas falhas as placas se movimentam lateralmente e em sentidos opostos, e a fricção provoca focos sísmicos, levando à ocorrência de muitos terremotos. No caso da Falha de San Andreas, as placas são a do Pacífico e a Norte-Americana, entre as quais há um **limite** denominado de **conservativo**, pois não há destruição de placas nem geração de crosta nova, como acontece respectivamente nos casos dos limites convergentes e divergentes.

O limite conservativo é o terceiro tipo de limite entre as placas. Outro exemplo desse tipo de falha é a de Anatólia, na Turquia.



Fonte: TEIXEIRA, Wilson et al. (Org.).  
*Decifrando a Terra*. São Paulo: Companhia  
Editora Nacional, 2009. p. 439.

A descarga de energia produzida no foco sísmico ou hipocentro propaga-se sob a forma de ondas sísmicas. A propagação dessas ondas provoca vibração nas rochas e grande impacto no epicentro, mais perceptível nos pontos da superfície terrestre próximos ao foco de atrito.

O Brasil, por estar situado no centro da Placa Sul-Americana e, portanto, distante da zona de contato entre as placas, não registra tremores de grandes proporções.

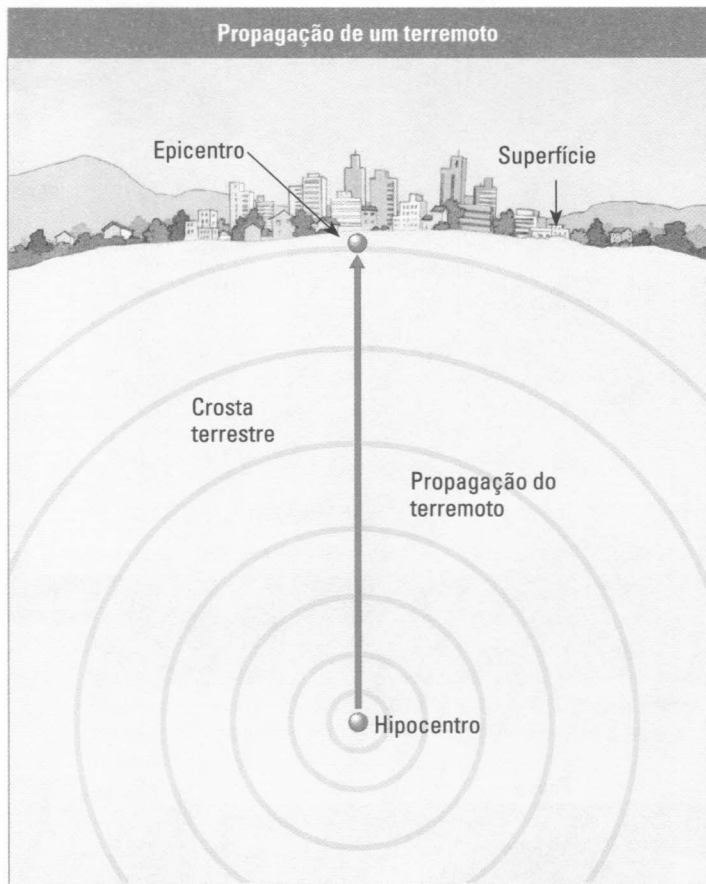
É também nas zonas de contato entre as placas que ocorrem a formação de vulcões e as atividades vulcânicas, como as que se manifestam através da formação de gêiseres ou fumarolas. As bordas das placas são mais instáveis – sujeitas a fissuras – e mais flexíveis. O magma nessas zonas cria caminhos que o levam à superfície. Penetra por meio de fissuras ou da “chaminé” construída por sua pressão e entra em erupção pela cratera ou boca do vulcão.

A principal região da Terra em ocorrência de terremotos e vulcanismo é o “Círculo do Fogo do Pacífico”, que reúne as cordilheiras montanhosas que contornam as costas oeste da América e leste da Ásia, incluindo diversas ilhas como o Havaí e o Japão. As outras áreas são as dorsais oceânicas, o conjunto montanhoso que se estende na Eurásia, do sul da Europa até o Himalaia, no continente asiático, e a porção do oceano Índico ao largo do Sudeste Asiático.

De todas as áreas sujeitas a terremotos no mundo, o Japão e os Estados Unidos (Califórnia) são as mais bem preparadas para enfrentá-los. Isso decorre do nível de desenvolvimento desses países e de suas condições econômicas, que possibilitam investimentos em pesquisas no setor de construção civil, no treinamento da população, nos equipamentos para previsão de tremores, na manutenção de cientistas etc. No Japão existe a tecnologia de construção de prédios com base e estrutura flexíveis, capazes de absorver, como amortecedores e suspensões, o impacto dos tremores.

Em outras áreas, no entanto, os terremotos continuam provocando grandes danos. Em 2008, um abalo de 7,9 pontos na **Escala Richter** (veja tabela da página 69) atingiu a província de Sichuan, na China, e causou a morte de cerca de 80 mil pessoas. Uma das causas do grande número de vítimas foi a má qualidade das construções. A destruição de escolas construídas em período relativamente recente deixou milhares de crianças sob escombros, amplificando a tragédia. Já o estádio olímpico “Ninho de Pássaro”, construído para a Olimpíada de Pequim, em 2008, tem estrutura para suportar um terremoto de magnitude 8 na Escala Richter.

Outras causas de terremotos são as erupções vulcânicas e os desmoronamentos no interior da crosta terrestre, em decorrência de atividades desenvolvidas pelo ser humano, como a construção de represas, explosões de minas e de rochas e testes nucleares.



Fonte: *Enciclopédia do Estudante: Ciências da Terra e do Universo*, v. 3. São Paulo: Moderna, 2008. p. 166.

#### Gêiser

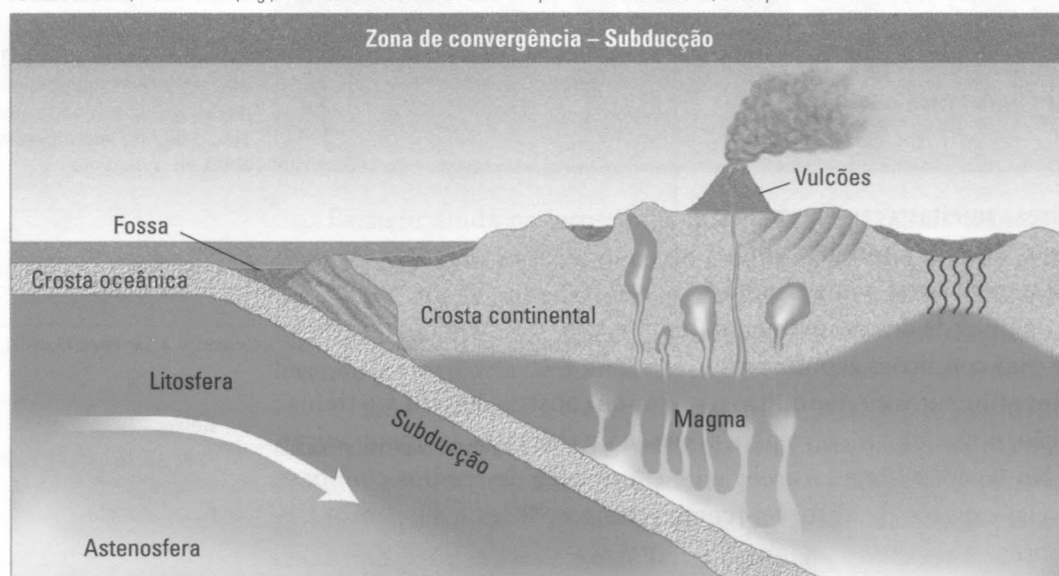
fonte que lança no ar jatos de água quente ou vapor periodicamente.

#### Fumarola

exalação de gases e vapores, que chegam à superfície através de fissuras existentes na crosta e no solo.

## OLHO NO ESPAÇO

Veja o mapa e a ilustração a seguir.



1. Por que se afirma que a deriva dos continentes, a formação das cordilheiras montanhosas e de outras formas de relevo, os terremotos e os *tsunami* passaram a ser mais bem compreendidos a partir da Teoria da Tectônica de Placas?
2. Com base no mapa acima e no planisfério com a divisão política que há no final do livro, indique:
  - a) três exemplos de zonas de convergência, citando os nomes das placas.
  - b) nomes de três países com grande probabilidade de ocorrência de terremotos.
  - c) nomes de três países com probabilidade de serem atingidos por *tsunami*.
3. De acordo com o que você aprendeu até o momento, o que explica o fato de no Brasil não ocorrerem terremotos de grande intensidade?
4. Em quais tipos de zona de contato entre as placas as zonas vulcânicas estão presentes?



## Magnitude e intensidade dos terremotos

É possível medir a magnitude e a intensidade dos terremotos. Chamamos de magnitude a quantidade de energia liberada no foco do sismo, medida por meio de uma escala estabelecida pelo sismólogo estadunidense Charles Richter (1900-1985). A chamada Escala Richter começa no grau zero e teoricamente não tem limite superior. Ela é logarítmica, ou seja, um terremoto de magnitude 5, por exemplo, produz efeitos 10 vezes mais intensos que outro, de magnitude 4. Conforme o departamento de ciências geológicas da Universidade de Illinois (Estados Unidos), a magnitude do abalo sísmico ocorrido na Ásia em dezembro de 2004, que provocou um *tsunami* e causou a morte de cerca de 300 mil pessoas, foi de 9,3, inferior apenas ao terremoto ocorrido no Chile, em 1960, que atingiu magnitude 9,5.

A classificação da intensidade dos terremotos baseia-se na constatação dos danos provocados na superfície, que normalmente são menores à medida que se distancia de seu epicentro.

Outra escala de intensidade sísmica utilizada é a de Mercalli modificada, que varia de I (danos mínimos) a XII (danos máximos), situação em que se dá o desaparecimento quase total de vestígios de construções humanas, formam-se grandes fendas no terreno e ocorrem consideráveis transformações no relevo.



ANGELA PLATANIA/ZUMA PRESS/EASYPIX

Erupção do vulcão Etna, na Sicília (Itália), 2012. O Etna entra em erupção com frequência, mas raramente causa danos à população local.

### Escala Richter

2,4 ou menos	Praticamente não é sentido, mas pode ser gravado em sismógrafo.
2,5 a 5,4	É eventualmente percebido e provoca danos menores, como a quebra de vidros e a queda de objetos.
5,5 a 6,0	Ligeiros danos, como rachaduras em edifícios e outras estruturas. Apenas edificações precárias podem desabar.
6,1 a 6,9	Pode causar uma série de danos em áreas muito povoadas. Derruba várias edificações, causa o transbordamento de rios, danos nas estradas, entre outros.
7,0 a 7,9	Grande terremoto. A destruição é de grande proporção no local do epicentro.
8,0 ou maior	Grande terremoto. Pode destruir totalmente comunidades perto do epicentro e se propaga para locais mais distantes.

Fonte: U.S. GEOLOGICAL SURVEY. Disponível em: <[www.usgs.gov](http://www.usgs.gov)>. Acesso em: dez. 2012.

Quando o epicentro do terremoto encontra-se no fundo do oceano, ele provoca o movimento ascendente da água e a formação de ondas gigantescas. Ao atingir o continente, a onda que se forma no meio do oceano perde velocidade, mas ganha altitude em função da menor distância entre a crosta oceânica e a superfície da água, amplificando a sua altura e seu poder de devastação na linha costeira. Outros fenômenos podem causar *tsunami*, como a queda de meteoros, o deslizamento de gigantescos blocos de gelo e o vulcanismo.